

水闸施工中的关键技术与质量控制研究

仲林玉¹ 施瑞² 江晟³

1. 南通市海门市政有限公司 江苏 南通 226100

2. 南通市海门区海门街道水利服务站 江苏 南通 226100

3. 南通市海门区三星镇水利服务站 江苏 南通 226100

摘要：随着水利工程领域的不断发展和扩大，水闸的施工技术也日渐完善，对于施工的质量管理，提出更为严格的标准。一个优质的水闸项目，不仅能有效地控制洪水和潮水，还能提升上游水域的水位，以满足农业灌溉、水产养殖、发电、航运及日常用水等多方面的需求。由此，深入研究水利工程中水闸施工的技术流程，对保障工程质量、提升工程效益具有重要价值，本文将对水闸施工中的关键技术与质量控制措施进行研究。

关键词：水闸施工；关键技术；质量控制

前言：水闸工程的施工不仅仅是技术性工作的堆砌，更是一项科学与技术、经验与创新相结合的复杂系统工程。它要求施工团队不仅要有扎实的技术基础和实践经验，还要具备前瞻性的思维和对环境保护的高度责任感。随着新技术、新材料的不断涌现和应用，水闸施工的质量和效率必将达到新的高度，更好地服务于人类的生产生活和生态环境的保护。

1 水闸施工特征

1.1 内容繁多

水利项目中的水闸建设是一项包含诸多细节的工作，这些水闸按照其设计特征，被分类为开敞式、胸墙式和涵洞式等不同的构造形式。施工的具体任务会根据这些形式的不同而有所差异，要求施工团队精确理解各种类型的水闸——比如用于调水的节制闸、清沙的冲沙闸、排险的涌水闸与分流洪水的分洪闸——它们各自的施工规范^[1]。

1.2 关联性较高

在水利工程的水闸施工中，由于其施工断面广阔、长度伸长，整个施工过程的各个环节都紧密相连，每一步的施工质量都会对水闸的最终完工效果产生重大影响。例如，若土方开挖的断面超出预定规模，不仅会导致后续混凝土浇筑的工作量意外增加，还可能影响到水闸的结构稳定性和耐久性；而混凝土中如果包含了规格超出标准的颗粒，可能会导致混凝土的含水率超过允许值，进而影响到水闸后期的养护和使用效果。正是因为这些环节的紧密关联和相互影响，施工团队必须对每一步骤进行细致的规划和严格的监管。这包括但不限于，在施工前仔细规划开挖断面，以保证其符合设计要求，避免不必要的返工和资源浪费；同时，在混凝土配制时

精确控制材料比例，确保水泥浆的质量满足工程需要，避免出现含水量过高或混合物不均的情况。

2 水闸施工中的关键技术要点

2.1 土方开挖

在进行土方开挖作业时，操作始于沿着水渠的轴向进行。首先，基于测量结果确定开挖的边界，随后采用机械方式挖掘至设计深度，此时需预留出大约10厘米的余量。接下来，通过人工挖掘的方式精确到达预定深度，这一过程力求最小化对底层原土的扰动^[2]。如遇到超出预定范围的挖掘，必须依据设计标准及时进行处理，确保为接下来的施工步骤奠定基础。

2.2 地基处理技术

水利工程中水闸的构建分为几个关键部分：进口段、出口连接段、消力池段以及闸室段。这些部分在结构设计上保持一致性，施工方法也大体相同。基于此，各个阶段的地基施工都采纳了混凝土的分段浇筑技术。施工首先进行的是基础垫层的浇筑，随后转向基础局部的浇筑，最终完成侧墙、翼墙以及顶部结构的混凝土浇筑作业。

2.3 底板施工

完成地基处理之后，技术团队需铺设一层素混凝土垫，其厚度控制在9厘米左右，允许1厘米的偏差，确保基层的平整度。素混凝土垫层养护7天后，技术人员利用水闸底板的样线作为参考，在一定的厚度内（与混凝土保护层的厚度相匹配）放置样筋，并对分布筋和受力筋的位置进行精确标记。确认标记准确无误之后，进行钢筋的捆绑作业。完成钢筋捆绑之后，将预先准备好的保护层垫块置于底层，并将捆好的下层钢筋与三脚架通过焊接连接固定，以为上层钢筋的布置提供一个稳定的基

础。接着,在下层钢筋的基础上焊接形成齿墙部分的弯曲钢筋,此后完成上层钢筋的焊接固定工作。

在钢筋捆绑的同时,开始进行模板的安装,水闸底板的模板需要设计为从混凝土表面向上超出15厘米左右,容许5厘米的误差,采取组合式钢模板。模板安装完成后,放样明确混凝土浇筑面的具体位置,这一步骤对控制混凝土面的浇筑高度至关重要。鉴于水闸底板的面积较大,采用斜层浇筑方法,并确保混凝土的坍落度不超过4厘米。水闸底板混凝土施工完毕之后,利用已经建成的底板作为设置闸墩和消力池施工控制点的基准^[3]。水闸底板和消力池的混凝土施工需要交错进行,以平衡可能发生的不均匀沉降。同时,在消力池与底板之间预留施工缝,分步骤完成消力池的浇筑工作。

2.4 墙身与顶板施工

水闸的墙体和顶板施工过程与底板施工享有相同的流程,首先需要在已捆扎好的钢筋上安装模板,然后沿模板均匀地进行混凝土的浇筑和振捣,以确保结构的一体化。施工接近完成阶段时,选取表面光洁、平整的止水铜片进行安装。通过气焊技术,将铜片的接头处牢固焊接以保证密封。成功焊接止水铜片后,再利用模板的压力或是专门的夹具来固定铜片,这样可以有效防止铜片安装位置发生偏移。随后,继续焊接剩余的钢筋,确保止水构件的位置正确,避免未来可能出现的泄漏问题。

2.5 回填组装技术

止水工作完成且闸体混凝土强度达到设计标准的70%或更高之后,通过机械与人力相结合的方法,从两侧开始对称且分层地进行土方回填并逐层进行压实操作,确保两边的填土高度差不超过30厘米。对于紧靠水闸混凝土结构边缘且难以机械碾压的部分,则采用人力进行夯实,以减少回填过程中对水闸结构的影响。每完成一层土方回填和压实之后,立即进行干密度测定,以确保回填质量。只有当回填物的干密度达标后,才进行下一层的土料填充和压实,直到填土高度符合设计要求。回填工作结束之后,利用吊车将闸机和启闭机部件吊移到临时搭建的平台上,开始现场组装工作。组装过程中,先将闸门槽内的所有杂质清除干净,包括水泥残余和底坎上的灰尘,并对预埋件的封水面进行打磨,确保其光滑。待处理完成后,遵照规范进行机械吊装。在安装闸机完成后,按照设计要求进行启闭机基座的混凝土浇筑工作,并安置临时支架。待基座混凝土强度满足设计要求后,逐步拆除这些临时支撑。接下来,根据起重中心线进行启闭机的吊装操作,严格控制纵横中心线的偏差在3毫米以内,高度偏差不超过5毫米。根据施工图纸说

明,进行启闭机电气设备的接地工作,同时对现场进行清理并加注润滑油,为启闭机的试运行创造良好条件。

2.6 上部结构

在下部结构工程圆满结束之后,施工团队采取先进的全站仪设备,在精确划定的现场基线或平面控制线上,明确上部结构的施工轴心线,并确保在主轴两端准确埋置桩点^[4]。此外,团队还依据周边邻近结构的轴心线点,运用外部悬挂的垂直引线方法,自基础层逐层上升,挂设并引测出垂直基准点,旨在为后续上部结构建设中的垂直偏差控制提供准确的参考点。在轴心线和垂直基准点的指导下,施工人员使用混凝土泵车进行混凝土的精准浇筑。为确保新铺混凝土与旧层混凝土间的紧密结合,会均匀覆盖一层与下层混凝土拌合比例相同的水泥砂浆,采用铁铲填模的方式进行,起始层的浇筑厚度约为50毫米。随后的每个施工层次,浇筑厚度标准化为500毫米,采用分区分散下料的方法,循环推进施工进度,同时严格监控混凝土的初始凝结时间,以保障施工品质。

在完成柱体结构的浇筑后,按照既定流程顺序开展梁和板的浇筑工作。值得注意的是,板的浇筑应在梁混凝土开始凝固之前进行,并且板的浇筑松铺厚度需大于板本身的设计厚度。在浇筑过程中,施工人员利用平板振动器按照垂直于浇筑面的方向均匀振捣混凝土,以此避免对钢筋或预埋件造成损害。振捣完成后,施工人员将手工使用抹子对外表面进行平整处理,并在次梁跨度中心的三分之一位置规划施工缝,确保施工缝与次梁轴线或板面垂直。施工缝设置完成后,施工队伍对施工缝的表面进行凿毛处理,清除所有松动石子、水泥浮膜、灰尘以及积水,确保施工缝外观的整洁。接着均匀涂抹一层水泥浆以提高粘结力,然后继续进行混凝土的浇筑作业,确保结构的稳固和密实。

3 水闸施工质量控制措施

3.1 支模

依据设计规范挑选了既具备适当刚度和强度,又拥有平整外观的模板后,施工团队采用胶带或双面胶封闭模板之间的缝隙,这样做是为了防止浆液从接缝中漏出。接下来,确保在规定的位置准确安装好模板。特别地,水闸底板通常采用组合钢模板(钢和木的组合体),而止水钢片的上方则使用木质模板。为稳固支撑模板,技术团队采取了使用直径为16毫米的螺栓对钢筋网片进行拉接和焊接的策略,并辅以地面的龙骨木和支撑钢管架,这样的措施确保了模板在后续施工中的稳定性^[5]。拆除模板的过程中,施工人员严格遵循施工程序和

规范进行作业,以免造成模板材料的损坏。这种做法旨在保护模板资源,确保施工的高效和环保。

3.2 钢筋安装

在进行钢筋的安装施工之前,技术团队负责对钢筋的表面进行彻底的清洁工作,确保去除任何漆迹、油渍、铁锈等杂质,以及浮皮和水锈,以保证钢筋的接触和粘结质量。只有当钢筋的表面和质地都符合要求后,依照设计图纸的详细指示,才开始进行钢筋的切割、绑定、弯曲和焊接等一系列作业,以完成涵管钢筋的制作工作。此过程中,采用不同的焊接技术来应对不同直径的钢筋。对于直径20毫米及以下的钢筋接长作业,采取搭接焊接技术,确保Ⅱ级钢筋的搭接长度至少为钢筋直径的10倍。此外,焊接质量也有严格要求:焊缝高度不低于4毫米,宽度不少于10毫米,且表面要平滑,没有焊瘤、裂纹或凹陷的瑕疵。而对于直径超过20毫米的钢筋,则应用对焊工艺,以保证焊接处没有明显的烧伤痕迹和横向裂纹,且弯折角度小于4度,轴线偏移不超过钢筋直径的0.1倍(即在2毫米以内)。

具体到水闸底板的上层钢筋,施工方案要求,在混凝土浇筑层达到预定位置之前完成绑扎工作,以避免因浇筑延误导致钢筋变形或影响施工进度。在现场进行钢筋绑扎时,必须一举完成墙体部分、启闭机排架柱及帽梁下方、岸墙、帽梁以及工作桥的钢筋绑扎工作。同时,钢筋的接头应错开,搭接的长度达到钢筋直径的25倍,且至少超出常规搭接长度的1.3倍,以确保结构的牢固和安全。

3.3 下料

混凝土的配置是根据精心设计的配比进行的,确保在规定的时间内完成均匀拌合,之后立即运送到施工现场进行使用。在实施过程中,如遇混凝土需从高处下落,而落差超过2.0米时,施工人员会运用串筒或溜槽进行导料,以确保混凝土在特定方向和层次上均匀分布,使得浇筑工作顺畅进行,避免因料堆积而中断连续性。若不可预见的情况导致浇筑工作暂停,施工团队将采取事先规划的施工缝处理策略,恢复浇筑面的工作状态。在混凝土浇筑的全程中,通过持续振捣作业,直到混凝土表面不再有明显的沉降和气泡生成为止,并观察到浆

液自然溢出。接着,混凝土进入大约28天的养护期,此期间保持其表面湿润并避免直接日晒,直至其强度满足设计标准。

水利工程,尤其是水闸底板混凝土浇筑作业中,施工人员面临的一个具体挑战是水泥在水化过程中的放热反应,这一反应会导致底板内部温度升高,并与外围环境形成显著的温差。如果混凝土的抗拉强度不达标或者热量传递不畅,极易在表面形成裂纹。随着温度逐渐平衡,结构内部也可能因温度收缩而引发裂缝。因此,在选择混凝土材料时,施工团队需特别注意材料的温升控制,适度降低水灰比,或者加入纤维材料、膨胀剂、减水剂等添加剂,以此来补偿混凝土体积的自然收缩,从而提升其抗裂性能。技术团队还可在混凝土浇筑过程中采取降温措施,如加入冰水降低骨料温度,减少混凝土在早期的内部与外部温差,以及缩小水闸底板和闸墩之间的浇筑时间间隔,这种方法有助于减轻混凝土弹性模量受限的影响。

结语:水闸作为水利工程的关键环节,扮演着对抗洪水侵袭、保护分洪渠不受冲击的重要角色。因此,施工团队在进行测量与放样后,应加大对土方开挖和地基处理的关注力度。依照既定的设计蓝图,逐步推进水闸的底板、墙体和顶板等部分的建设。构建完成后,需要对沉降缝进行及时的处理,并完成回填作业,确保水闸的主体结构经检查验收后无任何问题,方可进入上部结构的施工阶段。此举是为了保障水闸的施工品质与设计规范的一致,确保其能够有效地发挥防洪控水的功能。

参考文献

- [1]张力文.沿海地区水闸防沉降关键施工技术[J].广东土木与建筑,2022,29(12):115-118.
- [2]刘君.安徽太和县水闸工程建设与加固施工关键技术分析[J].大坝与安全,2022,(06):78-80.
- [3]董长青,刘华,王洋.沿海浅水区域换水闸临时围堰施工关键技术[J].中国水运,2022,(04):92-94.
- [4]云刚.红花枢纽船闸施工关键技术研究[J].珠江水运,2022,(05):88-90.
- [5]鲁文华.莲山水闸关键施工技术研究[J].小水电,2021,(06):75-77.